

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
19. Juli 2001 (19.07.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/52373 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01S 5/00

[DE/DE]; Drosselstrasse 34 C, 85521 Ottobrunn (DE).  
EGOROV, Anton Yurevitch [RU/RU]; Baskov 19, App.  
17, St.Petersburg, 191014 (RU).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/04317

(74) Anwalt: VIERING, JENTSCHURA & PARTNER;  
Postfach 22 14 43, 80504 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
4. Dezember 2000 (04.12.2000)

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

(30) Angaben zur Priorität:  
100 01 122.5 13. Januar 2000 (13.01.2000) DE

Veröffentlicht:  
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu  
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.-  
Martin-Strasse 53, 81669 München (DE).

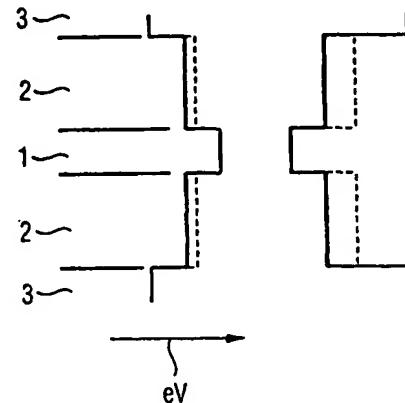
Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RIECHERT, Henning

(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER STRUCTURE

(54) Bezeichnung: HALBLEITERLASERSTRUKTUR



A2

(57) Abstract: The active layer (1) and the barrier layers (2) contain a group III component, a group V component and nitrogen, whereby the active layer is a quaternary material and the barrier layers are ternary materials, or, in order to match the lattice properties of the active layer to the barrier layers, the nitrogen content in the barrier layers is higher. The active layer is preferably InGaAsN, the barrier layers are InGaAsN with higher nitrogen content or GaAsN. Superlattices may exist in the barrier layers, for example, series of thin layers of  $In_x Ga_{1-x} As_y N_{1-y}$  with varying factors x and y, where, in particular, x = 0 and y = 1.

WO 01/52373

(57) Zusammenfassung: In der aktiven Schicht (1) und in den Barrièreschichten (2) sind eine III-Komponente, eine V-Komponente und N enthalten, wobei die aktive Schicht quaternäres Material und die Barrièreschichten ternäres Material sind oder zur Gitteranpassung der aktiven Schicht an die Barrièreschichten der Stickstoffanteil in den Barrièreschichten höher ist. Die aktive Schicht ist vorzugsweise InGaAsN, die Barrièreschichten sind InGaAsN mit höherem Stickstoffanteil oder GaAsN. In den Barrièreschichten können Übergitter (superlattices) vorhanden sein, z.B. Folgen dünner Schichten aus  $In_x Ga_{1-x} As_y N_{1-y}$  mit unterschiedlichen Anteilen x und y, wobei insbesondere x = 0 und y = 1 sein kann.

**Beschreibung****Halbleiterlaserstruktur**

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Halbleiter-Schichtstruktur, die für die Herstellung von Laserdioden geeignet ist.

Für Wellenlängen der Strahlungsemission von ca. 1,3 µm wird  
10 üblicherweise das Material InGaAsP, vorzugsweise auf InP-Substraten, verwendet. InGaAs als aktive Schicht in Heterostrukturen auf GaAs ist für diesen Wellenlängenbereich nicht geeignet, da die Bandlücke (Energiebandabstand) in homogenen InGaAs-Schichten einen so hohen Anteil an Indium erfordern  
15 würde, dass die Schicht wegen struktureller Relaxation für Laser unbrauchbar würde. Es wurde jedoch nachgewiesen, dass Heterostrukturen auf GaAs prinzipiell ebenso für längerwellige Emission eingesetzt werden können, wenn das emittierende Material ein Potentialtopf (quantum well) aus InGaAsN ist,  
20 wobei als Barriereschichten über und unter der für Strahlungserzeugung vorgesehenen aktiven Schicht zumeist GaAs-Schichten verwendet werden (s. z.B. M. Kondow et al.: "GaInNAs: A Novel Material for Long-Wavelength Semiconductor Lasers" in IEEE J. Select. Topics Quantum Electron. 3, 719 -  
25 730 (1997), M. Kondow et al.: "Gas-source MBE of GaInNAs for long-wavelength laser diodes" in J. Crystal Growth 188, 255 - 259 (1998) und K. Nakahara et al.: "1.3-µm Continuous-Wave Lasing Operation in GaInNAs Quantum-Well Lasers" in IEEE Photon. Technol. Lett. 10, 487 - 488 (1998)). In der Veröffentlichung von T. Miyamoto et al.: "A Novel GaInNAs-GaAs Quantum-Well Structure for Long-Wavelength Semiconductor Lasers" in IEEE Photonics Technology Letters 9, 1448-1450 (1997) ist eine Halbleiterlaserstruktur beschrieben, bei der eine als aktive Schicht vorgesehene QW-Schicht (quantum well)  
30 aus  $Ga_{0,6}In_{0,4}No_{0,01}As_{0,99}$  zwischen Schichten aus  
35  $Ga_{0,97}In_{0,03}No_{0,01}As_{0,99}$  angeordnet ist. Aus EP-A-0.896.406 ist eine Halbleiterlaserstruktur mit einer aktiven Schicht

aus  $In_{N_x} As_y P_{1-x-y}$  ( $0 < x < 1$  und  $0 \leq y < 1$ ) zwischen Schichten aus  $Ga_{N_x'} As_{y'} P_{1-x'-y'}$  ( $0 < x' < 1$  und  $0 \leq y' < 1$ ) bekannt. Eine Halbleiterlaserstruktur mit einer aktiven Schicht aus  $In_y Ga_{1-y} As_{1-w-v} Sb_w N_v$  ( $v \leq 0,0095$  und  $w+y \geq 0,33$ ) zwischen 5 Schichten aus  $Ga_{As_{1-z}} P_z$  ( $0 \leq z \leq 1$ ) bzw.  $In_y Ga_{1-y} As$  ( $0,53 \leq y \leq 1$ ) ist aus US-A-5.719.894 und US-A-5.825.796 bekannt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine zur Herstellung 10 von Laserdioden geeignete Halbleiter-Schichtstruktur anzugeben, die eine effiziente Strahlungsemision bei Wellenlängen von  $1,3 \mu m$  und darüber ermöglicht.

Diese Aufgabe wird mit der Halbleiterlaserstruktur mit den 15 Merkmalen des Anspruches 1, 4 bzw. 7 gelöst. Ausgestaltungen ergeben sich aus den jeweiligen abhängigen Ansprüchen.

Die erfindungsgemäße Halbleiterlaserstruktur basiert auf der Erkenntnis, dass die Strahlungsemision in einem Wellenlängenbereich von  $1,3 \mu m$  und darüber wesentlich verbessert werden kann, wenn die Eigenschaften der Barriereschichten, die die für Strahlungserzeugung vorgesehene aktive Schicht begrenzen, im Hinblick auf die in der Heterostruktur auftretenden Verspannungen und Versetzungen genauer eingestellt werden. 20 In der für Strahlungserzeugung vorgesehenen Schicht und in den Barriereschichten sind dazu Materialzusammensetzungen vorhanden, die eine III-Komponente, eine V-Komponente und N enthalten (III und V entsprechend den Gruppen des Periodensystems der Elemente). Mit dem Stickstoffanteil in der aktiven Schicht wird die Emissionswellenlänge eingestellt. In einer Ausführungsform ist die aktive Schicht quaternäres Material mit einem Anteil einer weiteren III-Komponente, und die Barriereschichten sind ternäres Material; in einer weiteren Ausführungsform sind die Schichten aus denselben chemischen 25 Elementen zusammengesetzt und unterscheiden sich nur in den prozentualen Anteilen dieser Elemente (z.B. jeweils quaternäres Material aus denselben Elementen mit unterschiedlichen 30 35

Atomanteilen), wobei aber der Stickstoffanteil in den Barri-  
ereschichten höher ist als in der aktiven Schicht. Im Fall ei-  
nes bevorzugten Ausführungsbeispiels im Materialsystem von  
5 GaAs sind sowohl in der aktiven Schicht als auch in den Bar-  
riereschichten Ga, As und N vorhanden. Die aktive Schicht ist  
dann vorzugsweise InGaAsN, die Barrièreschichten sind InGaAsN  
mit höherem Stickstoffanteil oder GaASN.

Eine andere Ausführungsform umfasst Übergitter (superlatti-  
10 ces) in den Barrièreschichten, die durch eine Folge dünner  
Schichten gebildet sind, die jeweils eine III-Komponente, ei-  
ne V-Komponente und N in unterschiedlichen prozentualen An-  
teilen enthalten. Im Materialsystem von GaAs sind die Schich-  
ten, die das Übergitter bilden, z.B.  $In_x Ga_{1-x} As_y N_{1-y}$  mit  
15 unterschiedlichen Anteilen x und y, wobei insbesondere  $x = 0$   
und  $y = 1$  sein kann. Die Zusammensetzungen der einzelnen  
Schichten sind aber so gewählt, dass sich insgesamt in dem  
Übergitter der gewünschte Anteil an Stickstoff bzw. Indium  
ergibt.

20 Erfindungsgemäß lässt sich einerseits eine ausreichende Git-  
teranpassung der aufgewachsenen Schichten erreichen und ande-  
rerseits ein ausreichend großer Sprung in der Energiebandlü-  
cke, wodurch ein Confinement bewirkt wird. Das Barrierenmate-  
rial muss nicht notwendigerweise die gesamte Schichtdicke des  
25 Bauelementes über und unter der aktiven Schicht einnehmen  
(bei einem VCSEL z.B. den Bereich zwischen den als Resonator-  
endspiegel fungierenden DBR-Gittern). In der praktischen Aus-  
führung genügen Barrièreschichten einer Dicke von typisch  
30 50 nm; außerhalb kann beispielsweise als Mantelschicht GaAs  
sein. Es kann auch eine mehrstufige Verringerung der Energie-  
bandlücke in den Barrièreschichten vorteilhaft sein.

Ein Beispiel der erfindungsgemäßen Heterostruktur wird im  
35 Folgenden anhand der Figuren beschrieben.

**Figur 1** zeigt einen Schichtaufbau im Querschnitt.

**Figur 2** zeigt ein Energiediagramm für den Schichtaufbau der **Figur 1**.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist  
5 die aktive Schicht 1 (siehe **Figur 1**) aus InGaAsN, und die an-  
grenzenden Barrièreschichten 2 sind aus Halbleitermaterial  
derselben Komponenten, aber mit geringerem Indiumgehalt und  
höherem Stickstoffgehalt. Der Anteil an Indium in den Barrie-  
reschichten kann auch vollständig reduziert sein, so dass die  
10 Barrièreschichten 2 GaAsN sind. In **Figur 1** ist als Beispiel  
die Struktur einer oberflächenemittierenden Laserdiode mit  
vertikalem Resonator (VCSEL) dargestellt. Die erforderliche  
Laserresonanz wird hier durch obere und untere DBR-Gitter 3  
(distributed Bragg reflection) erzeugt. Die Anordnung befin-  
15 det sich vorzugsweise auf einem Substrat 4. Weitere Einzel-  
heiten der Laserdiode, die wie die Anschlusskontakte an sich  
bekannt sind, wurden zur Verdeutlichung der erfindungswesent-  
lichen Teile weggelassen.

20 **Figur 2** zeigt ein Diagramm, in dem auf der linken Seite der  
Verlauf der oberen Kante des Valenzbandes und auf der rechten  
Seite der Verlauf der unteren Kante des Leitungsbandes für  
den in **Figur 1** dargestellten Schichtaufbau gezeichnet ist.  
Die für die aktive Schicht 1, die Barrièreschichten 2 und die  
25 angrenzenden Gitter 3 geltenden Bereiche sind mit den ent-  
sprechenden Ziffern bezeichnet. Das Diagramm ist nicht im  
Maßstab gezeichnet, zeigt aber qualitativ richtig die typi-  
schen Relationen der Energiebandabstände in den einzelnen  
Schichten. Es ist dabei angenommen, dass die aktive Schicht 1  
30 InGaAsN ist, und dass die Barrièreschichten 2 ebenfalls  
InGaAsN sind, aber mit einem im Vergleich zu dem Material der  
aktiven Schicht 1 verminderten Indiumgehalt. In **Figur 2** sind  
gestrichelt eingezeichnet die entsprechenden Kurvenverläufe  
für den Fall, dass die Barrièreschichten 2 GaAs sind. Es ist  
35 erkennbar, dass bei Verwendung von InGaAsN für die Barriere-  
schichten 2 ein gegenüber der Verwendung von GaAs verminder-  
ter Energiebandabstand in den Barrièreschichten resultiert.

Dieser reduzierte Energiebandabstand ergibt sich wie in der **Figur 2** erkennbar daraus, dass in den Barrièreschichten 2 die obere Kante des Valenzbandes geringer abgesenkt ist als die untere Kante des Leitungsbandes.

5

Die aktive Schicht ist bei einer Anordnung der Halbleiterlaserstruktur auf GaAs wegen der gegenüber GaAs kleineren Gitterkonstanten von InGaAsN üblicherweise stark kompressiv verspannt; diese Verspannung könnte in der Schicht selbst nur 10 dadurch beseitigt werden, dass der Stickstoffanteil in dieser Schicht auf ca. 1/3 des Indiumanteils erhöht würde, was sich aber wegen der schlechten Ergebnisse der optischen Qualität des Bauelementes verbietet. Indem in den Barrièreschichten erfundungsgemäß GaAsN verwendet oder ein höherer Stickstoff- 15 anteil als in der aktiven Schicht gewählt wird, werden die Barrièreschichten entgegengesetzt zu der aktiven Schicht verspannt.

In dem beschriebenen Materialsystem können die als Reflektoren vorgesehenen DBR-Gitter entsprechend herkömmlichen 20 Schichtstrukturen im Materialsystem von AlGaAs/AlAs hergestellt sein. Ebenso ist es möglich, Mantelschichten, Deckschichten oder dergleichen aus AlGaAs vorzusehen. Wesentlich für die erfundungsgemäße Schichtstruktur ist, dass sowohl die 25 aktive Schicht 1 also auch die daran angrenzenden Barrièreschichten 2 Stickstoff als Materialkomponente enthalten.

Eine weitere Ausgestaltung der Halbleiterlaserstruktur weist Übergitter (superlattices) in den Barrièreschichten auf. Die 30 mittlere Gitterkonstante des Übergitters ist vorzugsweise kleiner oder gleich der des Substratmaterials, damit eine zusätzliche Verspannung der Schichtstruktur vermieden wird. Die mittlere Energiebandlücke des Übergitters liegt vorzugsweise zwischen derjenigen der aktiven Schicht, die mit den Barrières 35 den Potentialtopf bildet, und einer jeweils auf der davon abgewandten Seite an die Barrièreschicht anschließenden Mantelschicht. Dabei ist darauf zu achten, dass für alle La-

- dungsträger, Elektronen und Löcher, eine energetische Barriere zur aktiven Schicht vorhanden ist. Geeignete Übergitter lassen sich, und zwar insbesondere auf GaAs als Substratmaterial, z.B. durch Folgen von Schichten aus  $In_x Ga_{1-x} As_y N_{1-y}$  oder aus  $In_x Ga_{1-x} As_y P_{1-y}$  mit unterschiedlichen prozentualen Atomanteilen x und y oder durch Folgen von Schichten aus InGaAsN und AlGaAsN, GaAsN oder GaAs bilden. Weitere Möglichkeiten sind Folgen aus InGaAs und GaAsN, GaAsP oder InGaP.
- 5      Als Vorteile der erfindungsgemäßen Schichtstruktur sind insbesondere die folgenden zu nennen. Die Verspannung des Materials der Barriereschichten 2 kann so eingestellt werden, dass sie die in der Regel stark kompressive Verspannung des Potentialtopfes, der durch die aktive Schicht zwischen den 10     15    Barriereschichten gebildet wird, zumindest teilweise kompensiert. Dadurch werden höhere Verspannungen des Potentialtopfes (und damit größere Schichtdicken oder höhere Indiumgehalte) möglich, ohne dass strukturelle Relaxation eintritt. Das ermöglicht längerwellige Strahlungsemision als mit herkömmlichen GaAs-Barrieren. Durch die kleinere Energiebandlücke 20     25    des erfindungsgemäßen Barrierematerials (im Vergleich zu GaAs-Barrieren) wird bei ansonsten gleich strukturiertem Potentialtopf der optische Übergang im Potentialtopf ins Längerwellige verschoben, womit ebenfalls eine längerwellige 30     35    Strahlungsemision erreicht wird. Durch den Einbau von Stickstoff in das Material der Barriereschichten wird das Verhältnis der Sprünge der Energiebandkanten an der Grenze zum Potentialtopf (Schichtgrenze zwischen aktiver Schicht 1 und Barriereschichten 2) mittels geeigneter Wahl des prozentualen Anteils des Stickstoffes beeinflussbar. Während der Energiebandabstand in der aktiven Schicht 1 gleich bleibt, wird durch Absenken der oberen Kante des Valenzbandes im Material der Barriereschichten die Barrierefunktion (confinement) vergrößert. Das erhöht den energetischen Einschluss von Löchern und damit die gesamte Rate an Elektron-Loch-Rekombinationen im Potentialtopf, was die Effizienz eines mit dieser Heterostruktur versehenen Lasers erhöht. Durch die Wahl der Zusam-

mensetzungen mit einem höheren Stickstoffgehalt der Barrierefürschichten bzw. der Verwendung von ternärem Material in den Barriereschichten und quaternärem Material in der aktiven Schicht kann eine Verspannung der aktiven Schicht zumindest teilweise derart kompensiert werden, dass auch bei großen Wellenlängen im Bereich von  $1,3 \mu\text{m}$  an aufwärts eine effiziente Strahlungsausbeute erreicht wird.

**Patentansprüche**

1. Halbleiterlaserstruktur mit einer für Strahlungserzeugung vorgesehenen aktiven Schicht (1) zwischen Barriereschichten (2),  
5 bei der die aktive Schicht (1) und die Barriereschichten (2) jeweils ein Halbleitermaterial sind, das eine III-Komponente, eine V-Komponente und Stickstoff enthält,  
bei der die Barriereschichten (2) ein Halbleitermaterial  
10 sind, das einen größeren Energiebandabstand aufweist als das Halbleitermaterial der aktiven Schicht (1), und  
bei der zur Gitteranpassung der aktiven Schicht (1) an die Barriereschichten (2) das Halbleitermaterial der Barrierefür schichten (2) einen höheren Anteil Stickstoff enthält als das  
15 Halbleitermaterial der aktiven Schicht (1).
2. Halbleiterlaserstruktur gemäß Anspruch 1,  
bei der die aktive Schicht (1)  $In_x Ga_{1-x} As_y N_{1-y}$  ist und  
bei der die Barriereschichten (2)  $In_{x'} Ga_{1-x'} As_{y'} N_{1-y'}$  mit  
20  $y' < y$ ,  $In_{Py'} N_{1-y'}$  mit  $y' < y$ ,  $In_{Asy'} Py'' N_{1-y''-y'}$  mit  
 $y''+y' < y$ , oder  $Ga_{Asy'} N_{1-y'}$  mit  $y' < y$  sind.
3. Halbleiterlaserstruktur gemäß Anspruch 1,  
bei der die aktive Schicht (1)  $GaAsSbN$  ist und  
25 bei der die Barriereschichten (2)  $GaAsSbN$  oder  $GaAsN$  sind.
4. Halbleiterlaserstruktur mit einer für Strahlungserzeugung vorgesehenen aktiven Schicht (1) zwischen Barriereschichten (2),  
30 bei der die aktive Schicht (1) und die Barriereschichten (2) jeweils ein Halbleitermaterial sind, das eine III-Komponente, eine V-Komponente und Stickstoff enthält,  
bei der die Barriereschichten (2) ein Halbleitermaterial sind, das einen größeren Energiebandabstand aufweist als das  
35 Halbleitermaterial der aktiven Schicht (1), und  
bei der zur Gitteranpassung der aktiven Schicht (1) an die Barriereschichten (2) die aktive Schicht (1) quaternäres

Halbleitermaterial und die Barriereschichten (2) ternäres Halbleitermaterial sind.

5. Halbleiterlaserstruktur gemäß Anspruch 4,  
5 bei der die aktive Schicht (1) InGaAsN ist und  
bei der die Barriereschichten (2) InPN oder GaAsN sind.

6. Halbleiterlaserstruktur gemäß Anspruch 4,  
bei der die aktive Schicht (1) GaAsSbN ist und  
10 bei der die Barriereschichten (2) GaAsN sind.

7. Halbleiterlaserstruktur mit einer für Strahlungserzeugung vorgesehenen aktiven Schicht (1) zwischen Barriereschichten (2),  
15 bei der die aktive Schicht (1) und die Barriereschichten (2) jeweils ein Halbleitermaterial sind, das eine III-Komponente und eine V-Komponente enthält,  
bei der die Barriereschichten (2) ein Halbleitermaterial sind, das einen größeren Energiebandabstand aufweist als das  
20 Halbleitermaterial der aktiven Schicht (1), und  
bei der zur Gitteranpassung der aktiven Schicht (1) an die Barriereschichten (2) die Barriereschichten (2) Folgen aus Schichten unterschiedlicher Zusammensetzung sind, die ein Übergitter (superlattice) bilden.

25  
8. Halbleiterlaserstruktur gemäß Anspruch 7,  
bei der die Barriereschichten (2) Folgen von Schichten aus  $In_x Ga_{1-x} As_y N_{1-y}$  mit unterschiedlichen prozentualen Atomanteilen x und y sind.

30  
9. Halbleiterlaserstruktur gemäß Anspruch 7,  
bei der die Barriereschichten (2) Folgen von Schichten aus InGaAsN und AlGaAsN,  
aus InGaAsN und GaAsN,  
35 aus InGaAs und GaAsN oder  
aus InGaAsN und GaAs sind.

10

10. Halbleiterlaserstruktur gemäß Anspruch 7,  
bei der die Barriereschichten (2) Folgen von Schichten  
aus  $In_x Ga_{1-x} As_y P_{1-y}$  mit unterschiedlichen prozentualen  
Atomanteilen x und y sind.

5

11. Halbleiterlaserstruktur gemäß Anspruch 10,  
bei der die Barriereschichten (2) Folgen von Schichten  
aus InGaAs und GaAsP oder  
aus InGaAs und InGaP sind.

10

FIG 1

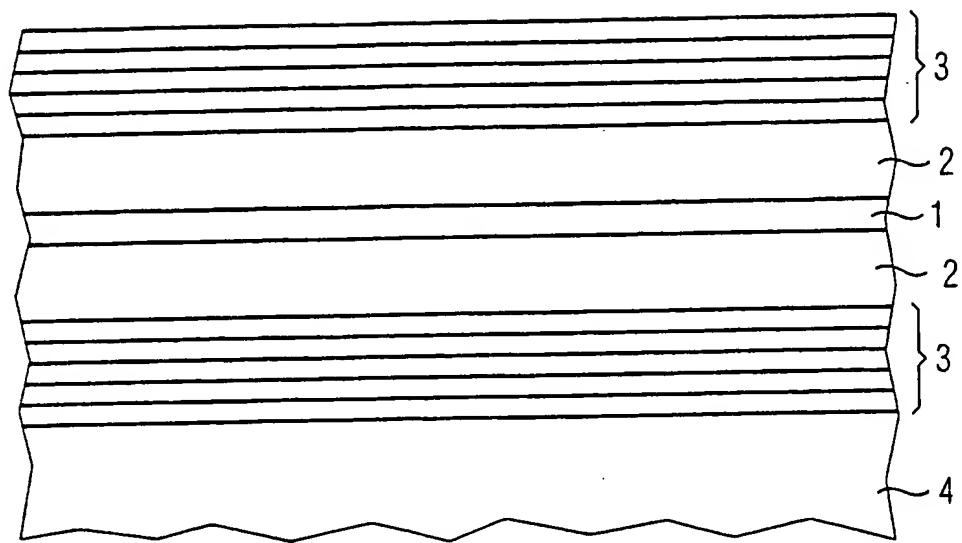
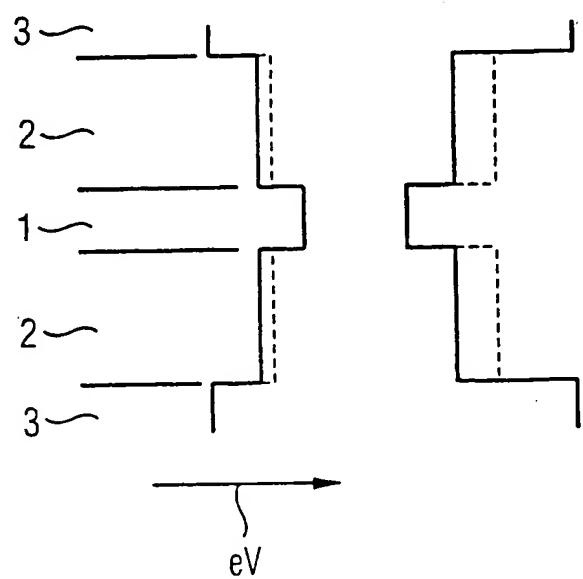


FIG 2



(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
19. Juli 2001 (19.07.2001)

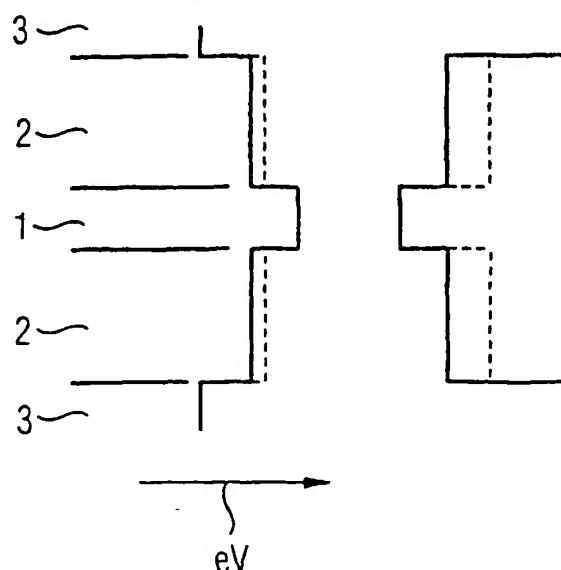
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/52373 A3**

|  |  |  |
|--|--|--|
| (51) Internationale Patentklassifikation:                        | H01S 5/343   | EGOROV, Anton Yurevitch [RU/RU]; Baskov 19. App. 17. St.Petersburg, 191014 (RU).   |
| (21) Internationales Aktenzeichen:                               | PCT/DE00/04317   | (74) Anwalt: VIERING, JENTSCHURA & PARTNER;<br>Postfach 22 14 43, 80504 München (DE).  |
| (22) Internationales Anmeldedatum:                               | 4. Dezember 2000 (04.12.2000)  | (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.  |
| (25) Einreichungssprache:  | Deutsch  | (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).  |
| (26) Veröffentlichungssprache:                                   | Deutsch  |  |
| (30) Angaben zur Priorität:                                      | 100 01 122.5 13. Januar 2000 (13.01.2000) DE                                 | Veröffentlicht:<br>-- mit internationalem Recherchenbericht  |
| (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): | INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.-Martin-Strasse 53, 81669 München (DE). | (88) Veröffentlichungsdatum des internationalen Recherchenberichts: 14. März 2002  |
| (72) Erfinder; und   |  | Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen. |
| (75) Erfinder/Anmelder (nur für US):                             | RIECHERT, Henning [DE/DE]; Drosselstrasse 34 C, 85521 Ottobrunn (DE).        |  |

(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER STRUCTURE

(54) Bezeichnung: HALBLEITERLASERSTRUKTUR



**WO 01/52373 A3**

GaAsN. In den Barrièreschichten können Übergitter (superlattices) vorhanden sein, z.B. Folgen dünner Schichten aus In<sub>x</sub> Ga<sub>1-x</sub> As<sub>y</sub> N<sub>1-y</sub> mit unterschiedlichen Anteilen x und y, wobei insbesondere x = 0 und y = 1 sein kann.

(57) Abstract: The active layer (1) and the barrier layers (2) contain a group III component, a group V component and nitrogen, whereby the active layer is a quaternary material and the barrier layers are ternary materials, or, in order to match the lattice properties of the active layer to the barrier layers, the nitrogen content in the barrier layers is higher. The active layer is preferably InGaAsN, the barrier layers are InGaAsN with higher nitrogen content or GaAsN. Superlattices may exist in the barrier layers, for example, series of thin layers of In<sub>x</sub> Ga<sub>1-x</sub> As<sub>y</sub> N<sub>1-y</sub> with varying factors x and y, where, in particular, x = 0 and y = 1.

(57) Zusammenfassung: In der aktiven Schicht (1) und in den Barrièreschichten (2) sind eine III-Komponente, eine V-Komponente und N enthalten, wobei die aktive Schicht quaternäres Material und die Barrièreschichten ternäres Material sind oder zur Gitteranpassung der aktiven Schicht an die Barrièreschichten der Stickstoffanteil in den Barrièreschichten höher ist. Die aktive Schicht ist vorzugsweise InGaAsN, die Barrièreschichten sind InGaAsN mit höherem Stickstoffanteil oder

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/DE 00/043.17

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7: H01S 5/343

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7: H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  
EPO-Internal, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| X         | EP 0 621 646 A (SHARP KK) 26 October 1994 (26.10.94 )<br>Page 5, line 32-37; Figure 1<br>Page 3, line 54<br>Page 7, line 12-16                              | 1, 4                  |
| A         | EP 0 896 406 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 10 February 1999<br>(10.02.99)<br>Cited in the application<br>Column 19, line 6-40<br>Column 21, line 21-28 | 1, 2, 4               |

Further documents are listed in the continuation of box C.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

Patent family members are listed in annex.

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
17 July 2001 (17.07.01)

Date of mailing of the international search report  
19 September 2001 (19.09.01)

Name and mailing address of the ISA

Authorized officer

European Patent Office

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/DE 00/04317

## C. (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A         | MIYAMATO T ET AL: "A NOVEL GALNNAS-GAAS QUANTUM-WELL STRUCTURE FOR LONG-WAVELENGTH SEMICONDUCTOR LASERS" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, US, IEEE INC. NEW YORK, Vol. 9, nr. 11, 01 November 1997 (01.11.97), pages 1448-1450, XP000722969<br>ISSN: 1041-1135<br>Cited in the application<br>Page 1449, left-hand column, last paragraph;<br>Figure 2 | 1, 4                  |
| A         | US 5 825 796 A (JEWELL JACK L ET AL)<br>20 October 1998 (20.10.98)<br>Cited in the application<br>Column 5<br>Column 18<br>Column 26-27  | 1, 4                  |
| A         | US 5 689 123 A (WELCH DAVID F ET AL)<br>18 November 1997 (18.11.97)<br>The whole document  | 1, 4                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE00/04317

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.: because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.: because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See additional sheet

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-6

Remark on Protest

The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/DE00/04317

The international search authority has established that this international application contains multiple inventions, as follows:

**1. Claims: 1-6**

semiconductor laser structure, whereby the active layer and the barrier layers are each a semiconductor material which comprises a III component, a V component and nitrogen

**1.1. Claims: 1-3**

barrier layers comprising a larger proportion of nitrogen as active layer

**1.2. Claims: 4-6**

active layer quaternary material and barrier layer tertiary material

**2. Claims: 7-11**

semiconductor laser structure, whereby the active layer and barrier layers each comprise a semiconductor material and the barrier layers form a superlattice.

Please note that for all inventions cited under point 1 a full search was carried out without the expense of an additional search fee, although all the above inventions are not absolutely linked by a common inventive concept.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International Application No

PC1/DE 00/04317

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) |  | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|--|------------------|
| EP 0621646 A                           | 26-10-1994       | GB 2277405 A            |  | 26-10-1994       |
|  |                  | DE 69419451 D           |  | 19-08-1999       |
|  |                  | DE 69419451 T           |  | 09-12-1999       |
|  |                  | JP 7007223 A            |  | 10-01-1995       |
|  |                  | US 5583351 A            |  | 10-12-1996       |
| EP 0896406 A                           | 10-02-1999       | JP 11288886 A           |  | 19-10-1999       |
|  |                  | JP 11112096 A           |  | 23-04-1999       |
|  |                  | US 6256331 B            |  | 03-07-2001       |
| US 5825796 A                           | 20-10-1998       | AU 4588597 A            |  | 17-04-1998       |
|  |                  | WO 9813879 A            |  | 02-04-1998       |
|  |                  | US 5960018 A            |  | 28-09-1999       |
| US 5689123 A                           | 18-11-1997       | US 6130147 A            |  | 10-10-2000       |
|  |                  | US 6100546 A            |  | 08-08-2000       |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/04317

## A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01S5/343

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|-----------|--|--------------------|
| X         | EP 0 621 646 A (SHARP KK)<br>26. Oktober 1994 (1994-10-26)<br>Seite 5, Zeile 32-37; Abbildung 1<br>Seite 3, Zeile 54<br>Seite 7, Zeile 12-16<br>---                    | 1,4                |
| A         | EP 0 896 406 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD)<br>10. Februar 1999 (1999-02-10)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Spalte 19, Zeile 6-40<br>Spalte 21, Zeile 21-28<br>--- | 1,2,4              |

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \* T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \* X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \* Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \* & Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

|   |   |
|---|---|
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts |
| 17. Juli 2001                                       | 19.09.01  |

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

CLAESSEN, L

1

## INTERNATIONAHLER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/04317

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
|-----------|---|--------------------|
| A         | MIYAMOTO T ET AL: "A NOVEL GALNNAS-GAAS QUANTUM-WELL STRUCTURE FOR LONG-WAVELENGTH SEMICONDUCTOR LASERS"<br>IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, US, IEEE INC. NEW YORK,<br>Bd. 9, Nr. 11,<br>1. November 1997 (1997-11-01), Seiten<br>1448-1450, XP000722969<br>ISSN: 1041-1135<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Seite 1449, linke Spalte, letzter Absatz;<br>Abbildung 2<br>--- | 1,4                |
| A         | US 5 825 796 A (JEWELL JACK L ET AL)<br>20. Oktober 1998 (1998-10-20)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Spalte 5<br>Spalte 18<br>Spalte 26-27<br>---   | 1,4                |
| A         | US 5 689 123 A (WELCH DAVID F ET AL)<br>18. November 1997 (1997-11-18)<br>das ganze Dokument<br>-----   | 1,4                |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Feld I Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1.  Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
  
2.  Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
  
3.  Ansprüche Nr.  
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

Feld II Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1.  Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
  
2.  Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchengebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
  
3.  Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
  
4.  Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:  
1-6

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.  
 Die Zahlung zusätzlicher Recherchengebühren erfolgte ohne Widerspruch.

|  |              |
|--|--------------|
| WEITERE ANGABEN  | PCT/ISA/ 210 |
| <p>Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:</p> <p>1. Ansprüche: 1-6</p> <p>halbleiterlaserstruktur bei der die aktive schicht und barriereschichten jeweils ein halbleitermaterial sind das eine III-komponente, eine V-komponente und Stickstoff enthält</p> <p>1.1. Ansprüche: 1-3</p> <p>barriereschichten enthalten einen höheren Anteil Stickstoff als aktiven Schicht</p> <p>1.2. Ansprüche: 4-6</p> <p>aktive Schicht quaternäres material und Barrierefesten ternäres material</p> <p>2. Ansprüche: 7-11</p> <p>halbleiterlaserstruktur bei der die aktive schicht und barriereschichten jeweils ein halbleitermaterial sind das eine Barrierefesten bilden ein Übergitter.</p> <p>Bitte zu beachten daß für alle unter Punkt 1 aufgeführten Erfindungen, obwohl diese nicht unbedingt durch ein gemeinsames erfinderisches Konzept verbunden sind, ohne Mehraufwand der eine zusätzliche Recherchengebühr gerechtfertigt hätte, eine vollständige Recherche durchgeführt werden konnte.</p> |              |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/04317

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |            | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------------|
| EP 0621646 A                                       | 26-10-1994                    | GB                                | 2277405 A  | 26-10-1994                    |
|  |                               | DE                                | 69419451 D | 19-08-1999                    |
|  |                               | DE                                | 69419451 T | 09-12-1999                    |
|  |                               | JP                                | 7007223 A  | 10-01-1995                    |
|  |                               | US                                | 5583351 A  | 10-12-1996                    |
| EP 0896406 A                                       | 10-02-1999                    | JP                                | 11288886 A | 19-10-1999                    |
|  |                               | JP                                | 11112096 A | 23-04-1999                    |
|  |                               | US                                | 6256331 B  | 03-07-2001                    |
| US 5825796 A                                       | 20-10-1998                    | AU                                | 4588597 A  | 17-04-1998                    |
|  |                               | WO                                | 9813879 A  | 02-04-1998                    |
|  |                               | US                                | 5960018 A  | 28-09-1999                    |
| US 5689123 A                                       | 18-11-1997                    | US                                | 6130147 A  | 10-10-2000                    |
|  |                               | US                                | 6100546 A  | 08-08-2000                    |

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**